

556.5

0-36

УКРАЇНСЬКА МЕТЕОРОЛОГІЧНА СЛУЖБА
— У К Р М Е Т —

Інженір А. ОГІЄВСЬКИЙ

Науковий співробітник Н.-Дослідчої Катедри Гідрології при В. У. А. Н.

ЗВ'ЯЗОК РІВНІВ р. ДНІПРА КОЛО м. КИЇВА
з рівнями р.р. Прип'яти, Березини, Сожу та Десни
й пристосування знайденого зв'язку до цілів коротко-
термінових завбачань рівнів р. Дніпра.

UKRAINISCHER METEOROLOGISCHER DIENST
— U K R M E T —

Von Dipl.-Ing. A. OGIEWSKY

Beziehungen zwischen dem Wasserständen des Dniepr
bei Kyjiw und der Flüsse Pripjat, Berezina, Ssosh
und Desna und deren Anwendung zu kurzfristigen
Prognosen der Wasserstände.

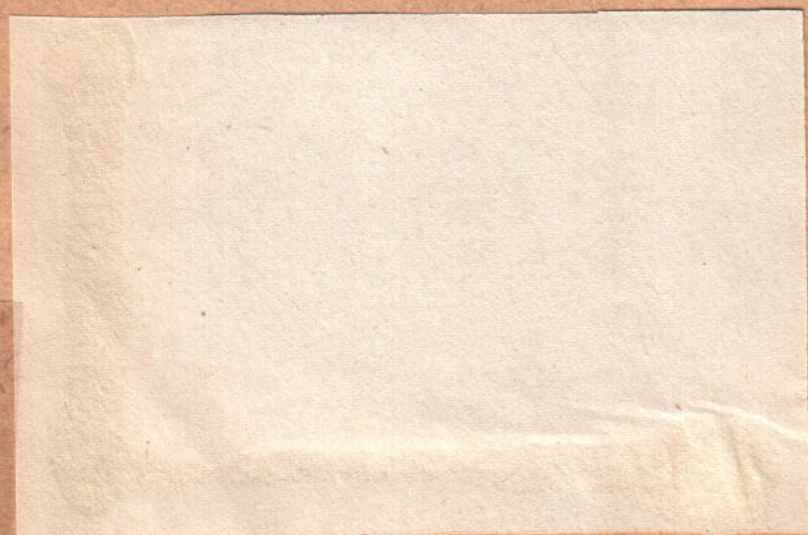
КИЇВ—1925—Kyjiw

У. М. С. 175.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО
ГОСПОДАРСТВА ТА ІРРАДИКАЦІЙ

МУЗЕЙ ІСТОРІЇ

Ім. № 1-2



331.3
0-36

Прогрессору А. П. Артемьеву
отъ всеобщаго примативного
за всегда шобетное содмѣвие
при померении паримного
рожа доимых — оводора
1911-25
инж. А. Огіевський

551.482(47.7)Дніпро

Зв'язок рівнів р. Дніпра коло м. Києва з рівнями
р.р. Прип'яти, Березини, Сожу та Десни й пристосу-
вання знайденого зв'язку до цілів короткотермінових
завбачань рівнів р. Дніпра.

Beziehungen zwischen dem Wasserständen des Dniepr
bei Kyjiw und der Flüsse Pripjat, Berezina, Ssosh und
Desna und deren Anwendung zu kurzfristigen Prognosen
der Wasserstände.

І. Загальні основи до встановлення відшукуваного зв'язку.

Коли річка не має великих допливів в розглядуваній частині,
зв'язок між першими ліпшими рівнями яких-небудь пунктів цієї ча-
стини легко може бути встановлений за методом, що його пристосував
автор цієї роботи до частини р. Дніпра—Київ—Лоцманська Кам'янка.

Дослідження залежностей рівнів р. Дніпра коло пунктів: Черкаси,
Кремінчук та Лоцманська Кам'янка од рівнів коло м. Києва (по рейці
кол. Ланцюгового мосту)—встановило ¹⁾:

1. Рівні р. Дніпра коло цих пунктів знаходяться в безпосеред-
ній залежності від рівнів Дніпра коло м. Києва.

2. Цю залежність можна дуже просто знайти за допомогою особ-
ливої обробки численних даних, що відносяться до різних періодів
гідрологічного року, при чому дуже швидко наслідки можуть бути
одержані, коли вживати способу математичної статистики, методу
кореляції.

А саме: схема знаходження зв'язку поміж усіма рівнями за час,
коли річка вільна від льоду, може бути така:

1) для вищих вод: опрацювання за методом кореляцій гребенів
весняних водопіллів, узятих за багаторічний період,

2) для низьких вод: таке-ж саме опрацювання найнижчих рівнів,

3) для середніх вод—теоретичне обчислення прямої лінії, що
замикає перерву поміж емпіричними лініями регресії крайніх рівнів
(найвищих та найнижчих вод). Після пристосування такого засобу,
зв'язок між рівнями р. Дніпра коло Києва та коло розглянутих пунктів
визначився досить точно на взір систем лінійних рівнянь виду:

$$x = ay + b,$$

де x — рівень р. Дніпра коло розглядуваного пункту, y — рівень Дніпра
коло м. Києва й b — де-який постійний коефіцієнт, що залежить од
величини середніх арифметичних для взятих рядів чисел.

¹⁾ Див. інж. А. Огієвський. Зв'язок поміж рівнями р. Дніпра
біля Києва і біля декількох пунктів, що лежать нижче від
Києва. Окрема відбитка з „Наук. Запис.“ ВУАН, ч. II. 1921 р.

НУВГП
БІБЛІОТЕКА

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО
ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

МУЗЕЙ ІСТОРІЇ

Інв. № _____

Практика пристосування цих рівнянь у Гідро-Метеорологічному Бюро Укрмета ще в 1923 р. (що-правда, протягом досить короткого часу—вересень і, почасти, жовтень 1923 р.) дала дуже гарні наслідки¹⁾. Це ствердило правильність теоретичних передпосилок, покладених за основу виводу зазначених формул.

Завдання встановлення зв'язку між рівнями р. Дніпра коло м. Київ і рівнями нижчих пунктів спрощувалося відсутністю на всій розглядуваній частині Дніпра (Київ—Лозманська Кам'янка) великих допливів, що можуть впливати помітно на рівні пунктів нижче від Києва.

Завдання встановлення зв'язку рівнів р. Дніпра коло Києва з рівнями пунктів, що лежать вище од Києва—далеко складніше. Рівень Дніпра коло м. Києва залежить не тільки від рівнів Горішнього Дніпра, але й від рівнів допливів Дніпра, що вливаються в нього вище од м. Києва: р.р. Прип'яти, Десни та р.р. Березини й Сожу, що їх звичайно відносять до басейну Горішнього Дніпра.

Площа басейну Дніпра вище од м. Києва, що має за проф. Е. Опоковим загальну величину в 265.864 кв. вер.²⁾, розподіляється між його допливами в такий спосіб:

Басейн р. Прип'яти	106.144 кв. вер.	або 36% всієї площі.
” Гор. Дніпра з Сожем та Березиною . .	95.232	” ” ” 32% ” ”
” р. Десни . .	77.624	” ” ” 26% ” ”
” Тетерева й Ірпеня . .	16.868	” ” ” 6% ” ”
	295.864 кв. вер.	100%

Дві останні річки—Тетерів та Ірпінь—не мають довгочасних вимірних спостережень; площа їх басейнів дуже незначна в порівнянні з усім басейном Горішнього Дніпра; через це, вимушена konieczність ігнорування цих річок у дальшому, треба сподіватися, не повинна мати помітного впливу на результати.

Басейни р.р. Прип'яти, Горішнього Дніпра (з Березиною та Сожем) і Десни, одріжняючись помітно своєю абсолютною величиною, різняться одне від одного і в інших відношеннях: в кліматичному розумінні, в відношенні їхнього рельєфу, геологічної будови й рослинного вкриття. Найякш різняться в цьому останньому відношенні басейни р.р. Десни та Прип'яти, а басейн Горішнього Дніпра має між ними певне проміжне положення³⁾.

Ріжниця в розподілі опадів між басейнами р. Прип'яти й р. Десни, за даними проф. Е. Опокова⁴⁾, що відносяться до періоду 1886/7—1908 р.р., досягає, в місячних сумах, до 70—85 мм., в річних—176 мм. Ріжниця в температурах: середніх річних—до 1,7° С., в місяцях листопаді—березні—до 5,3° С.

¹⁾ Про це зробив доповідь проф. Е. Опоків на об'єднаному засіданні Досл. Катедри Гідрології з Гідролог. Секцією ВУАН та Меліорат. Секцією С.Г.Н.К.У. 10-го лютого 1924 р. (Див. „Інформ. Бюл. Укрмета“ т. III, січень-березень, 1924 р.), а також—на Першій Всесоюзній З'їзді гідрологів у м. Ленінграді 7—14 травня 1924 р. (Див. „Інф. Бюл. Укрмета“, т. III, квітень—червень, 1924, стор. 82).

²⁾ Див. Е. Опоків. Режим речного стоку в бас. верх. Дніпра и его составных частях, ч.ч. I и II. СПб. 1908 і 1914 р.р. За проф. Н. Максимовичем цифра ця трохи инша. Див. його: Днепр и его бассейн. К., 1901.

³⁾ Див. Е. Опоків, op. cit.

⁴⁾ ibid.



В практиці закордонних річок¹⁾, при встановленні зв'язку між рівнями яких-небудь річкових пунктів (в цілях короткотермінових завбачань рівнів), у тих випадках, де треба було брати на облік вплив допливів, — йшли, головним чином, такими шляхами²⁾:

1) Ріжний вплив допливів на головну ріку бралоя на облік заведенням коефіцієнтів, що визначалися з співвідношення площин їх басейнів. Такий, напр., спосіб інж. Mazonet'a для м. Digeon'u на р. Луарі³⁾.

2) Рівні головної річки визначалося на підставі співвідношення витрат горішніх допливів, — спосіб інж. Ріттера—Гарлехера, пристосований до р. Лаби (Ельби) вище од м. Тетчена, в цілях завбачання водопілля за 24 години до їх з'явлення—для м. Тетчена, й за 36 годин для м. Дрезна (Дрездена)⁴⁾.

Ріжниця властивостів басейнів р. р. Прип'яти, Десни й Горіш. Дніпра виключає можливість сподіватися правильних наслідків при вживанні першого з зазначених закордонних способів. Відсутність систематичних мірян витрат по цих річках⁵⁾ не дозволяє прикласти до рівнів р. Дніпра коло Київ'а й другого способу, вживаного вже за кордоном.

Для російських річок спробу—і доволі вдалу—організації короткотермінових завбачань рівнів води за рейковим способом було зроблено тільки по р. Волзі інж. Клейбером, але тільки для межених вод⁶⁾. Автор цього способу, до відшукання залежності між рівнями головної річки й рівнями її допливів, рекомендує або виходити з співвідношення витрат допливів або визначати коефіцієнт K міри впливу кожного з допливів на рівень головної річки за допомогою спроб і поступового наближення⁷⁾. Не спиняючися докладно на останнім способі, зазначимо тільки, що сама суть способу інж. Клейбера, заснованого на обчисленні довготи стояння ріжних поземів, — над міру копотка й складна що до кількості роботи, потрібної на одержання остаточних наслідків.

Другий російський автор, інж. Д. Гнусін¹⁾, рекомендує, у випадку допливів, — шукати „відповідні“ рівні і на них, і на головній річці, тоб-то рівні, виведені на взятих рейках тією самою водою (найпостійніші рівні, верхи та влоговини водопілля). Зв'язок між такими рівнями він рекомендує знаходити за способом найменших квадратів.

¹⁾ За кордоном, звичайно, провадять завбачання рівнів річок за термін 1—3 дні; точність цих завбачань — коло 20—30 см.; так, напр., на р. Сені паводі передбачаються з точністю до 0.20 метр. У де-яких країнах Заходу та в Північній Америці точність короткотермінових завбачань ще більша, — де-кільки сантиметрів. (Див. А. М. ф.-Ессен. Изучение паводков. Тифлис. 1913).

²⁾ Див. доповідь інж. Л. Квіцінського: „О предсказаниях колебаний уровня воды и глубины фарватера в реках“. Труды 3-го сезда русск. деятелей по водн. путям. СПб. 1896. ч. I.

³⁾ Annales des ponts et chaussées. 1890. Note sur le service de la prévision des crues dans la Loire centrale.

⁴⁾ Про найновіші закордонні способи див. також: „Wasserführung der Flüsse mit besonderer Berücksichtigung der turbulenten Strömung“ von Dr. Kozeney. Leipzig, 1920. ст. ст. 121—136.

⁵⁾ Так, напр., не було й немає гідрометрстанції на р. Десні; міряння витрат проваджлося там тільки спорадично.

⁶⁾ Див. Труды 3-го сезда русск. деятелей по водн. путям. Ч. I. СПб., 1896. Доповідь інж. Клейбера: „О предсказании ожидаемой глубины паводка на р. Волге“, а також цитовану на початку роботи автора.

⁷⁾ Див. зазначену вище доповідь інж. Клейбера, ст. 159.

⁸⁾ Д. Гнусін. О способах предсказания высот речных уровней в интересах судоходства. СПб. 1896.

Однаке, цей автор, маючи, видимо, на увазі тільки меженеві рівні, сам визнає¹⁾ труднощі, які має зазначуваний ним шлях що до відшукування „відповідних“ рівнів для даної річки та її допливів; для високих і середніх вод, при різному характері басейнів допливів, це завдання, на наш погляд, навряд чи здійснимо, як, напр., у данім випадку, для Дніпра коло Києва.

Тут, до встановлення зв'язку між рівнями р. Дніпра коло Києва з рівнями вищих пунктів на допливах,—пропонується спосіб, що заснований, головним чином, на корелятивній обробці багаторічних даних²⁾.

За цим способом виключається потреба обчислювати довготу стояння кожного рівня, щоби за знайденими довготами визначати відповідність рівнів, як у способі інж. Клейбера; нема потреби також шукати тих „відповідних“ рівнів, про які говорить інж. Гнусін. В основу пропонованого способу покладено такі вихідні передпосилки:

1) Відповідно до того, як у випадку відсутности великих допливів, зв'язок між рівнями, напр. Києва й Лопманської Кам'янки, виявляється досить докладно за допомогою чотирьох лінійних рівнянь виду:

$$x = ax + b,$$

або, геометрично, на взір злегка опуклої полігональної простої,—так і в цьому випадку, коли є допливи, можна припустити доцільність і достатність тільки лінійної залежності.

Через те зв'язок між київською р'йкою та рейками допливів, що впадають у Дніпро вище, повинен виявитися системою рівняння виду:

$$x = ay + bz + cu + d,$$

де x —рівень у Києві, y , u —рівні головніших допливів Прип'яти й Десни, z —рівень води Горішнього Дніпра, a , b , c , d —де-які постійні коефіцієнти.

2) У рівняннях виду $x = ay + bz + cu + d$ коефіцієнти a , b й c повинні, видимо, виявляти частку впливу рівня кожного з допливів на рівень р. Дніпра коло Києва, беручи до обліку особливості збігу в кожному басейні. Однаке тут ми повинні підкреслити (це видно й з рівнянь регресії),—що ці коефіцієнти a , b та c —в загальному випадку можуть виявляти вплив на рівень р. Дніпра коло м. Києва тільки тоді, коли їх взято по всіх допливах разом, але кожен з них взятий окремо, самостійного значіння не має.

Само собою розуміється, що a , b й c можуть бути знайдені тільки як де-які середні значіння для цілого ряду випадків. Метод кореляцій дає спосіб встановлення зв'язку між середніми значіннь кількох величин: він елімінує випадкові відхилення й облічує не тільки зміність зв'язуваних явищ, але й їх повторність.

3) Відомо, що в різні періоди гідрологічного року умови збігу, як поверхневого, так і підземного дуже різні, як різні вони в один і той самий період гідрологічного року для річок з басейнами різного характеру: низинного, болотяного типу, як Прип'ять, або басейну

¹⁾ Ibid. ст. 19.

²⁾ Про принципи цього методу й де-які наслідки, що їх одержано за допомогою цього методу, — автор зробив доклади: 1) На об'єднаному засіданні Досл. Катедри Гідрології з Гідролог. Секцією В. У. А. Н. та Меліорат. Секцією С. Г. Н. К. У. 23/II—24 р у м. Києві і 2) На першій Всесоюзній З'їзді гідрологів 7—14 травня 1924 р. у Ленінграді.

з опуклішим рельєфом, як Десна і т. д. Тоб-то, видимо, можна гадати, що коефіцієнти рівняння $x = ay + bz + cu + d$ можуть зберегати де-яке середнє значіння, близьке до дійсности, тільки для певних періодів гідрологічного року.

За періоди, протягом яких умови збігу можна розглядати як примірно однакові в межах даного гідрологічного року, можна рахувати: 1) період весняних вод—що є наслідком розтавання зімових опадів, 2) період меженевих вод, коли річка поповнюється, головним чином, коштом ґрунтових вод і 3) проміжний період між цими двома, який що до режиму річки являє собою перехід від першого до другого,—при чому в різні роки умови збігу для цих періодів також можуть бути різні.

Звідси ясно, що звязок між рівнем р. Дніпра коло Києва й рівнями допливів Дніпра вище од м. Києва треба шукати незалежно й особливо для трьох зазначених різних періодів гідрологічного року.

4) Само собою розуміється, що правильні значіння коефіцієнтів a , b й c можна одержати тільки в тому разі, коли буде взято рівні допливів, що справді впливають на рівень р. Дніпра коло Києва. Тоб-то велике значіння повинно мати те, щоб дати рівнів y , z та u , що результуються в рівень x , були близькі до дійсних термінів ходу відповідних віддалень.

Ці терміни, як буде видно з сказаного нижче, важко одначе встановити докладно для всякої висоти рівня. Через це доводиться обмежитися в цім разі де-якими середніми величинами, незмінними для всіх рівнів кожного з періодів гідрологічного року. Спосіб кореляцій повинен виявити відповідну основну залежність і дати основний середній звязок, скасувавши, так мовити, вплив як цього останнього фактора, так і інших, що викликають „невідповідність“ рівнів води. До одержання залежностей близьких до дійсности треба тільки взяти досить велике число випадків, що охоплюють всю можливу гру співвідношень. Величина коефіцієнтів кореляції може правити за критерій того, чи виявлений справжній звязок узятими рядами значень порівнюваних величин. При числі випадків у межах від 20 до 30 і величині коефіцієнту кореляції $r > 0,60$ —про існування такого звязку можна говорити вже з більшою певністю¹⁾. Через обчислення де-кількох коефіцієнтів кореляції для різних послідовно взятих термінів ходу води, можна знайти критерій, за який стане найбільше значіння r із числа знайдених, що по ньому й можна вже взяти відповідний термін що-найближчий до дійсности.

5) Одержані за попереднім рівняння, як було сказано, повинні дати основний середній звязок при певних середніх умовах. Іншого звязку, проте, одержати й не можна: усі фактори, що їх результують рівні води в річці, мінливі й не сталі, як що до величини, так і що до знаку. Через це—середнє значіння співвідношень рівнів треба визнати за найкраще з можливих.

Це треба перш за все мати на увазі при бажанні використати виведені рівняння для цілів завбачань.

Через це не можна завжди²⁾ сподіватися правильних наслідків,

¹⁾ Дав. Е. Слуцкий. Теория корреляции и элементы учения о кривых распределений. Київ, 1912. ст. 97.

²⁾ Хоча, як це буде видно з дальшого, правильні наслідки маємо примірно в 90% випадків, в пристосуванні до років, що ввійшли в оброблений період.

коли пристосовується виводжувані формули до індивідуальних випадків без обліку якостей цих індивідуальних випадків, що одріжняють їх від середніх. Там, де це одріжнення індивідуальних випадків од середніх буде не велике, різниця між теоретичними й дійсними рівняннями повинна бути також невелика; в противному разі, різниця може набрати розмірів, що виходять за межі помилок, які допускаються.

В усякім разі, витриманість принципів, що їй покладено в основу складування залежностей — дозволить облічити, треба сподіватися, причини, що викликають одхилення знайдених залежностей від окремих часткових випадків, отже, й оцінити їх числово.

II. Хід обчислень.

Щоби знайти залежність рівнів р. Дніпра коло м. Київa від рівнів допливів, які впадають вище, треба привести до взаємного звязку що-найменше чотири змінні: 1) рівень р. Дніпра коло Київa, 2) рівень р. Прип'яти, 3) рівень горішн. Дніпра й 4) рівень Десни. Коли-ж замінити рівень Горішнього Дніпра на рівні його складових: р. Березини й р. Сожу і також Горішн. Дніпра, тоді матимемо 6 змінних. Метод математичної статистики—спосіб кореляції¹⁾ дає можливість встановити звязок між усяким числом змінних. З зростанням числа змінних, спосіб обчислень, одначе, ускладняється досить значно. В той час, як заведення до розрахунку усіх змінних для одержання сполучного рівняння необхідна по тих місцинах, де звязок між окремими змінними не безпосередній,—у нашім випадку—ясної залежності між узятимй величинами, цієї необхідности немає.

Через це всі дальші обчислення засновано на формулах до відшукування звязку між чотирма основними змінними; такі були рівні: 1) р. Дніпра коло Київa, 2) р. Прип'яти (Мозир), 3) Горішн. Дніпра (Львів) і 4) р. Десни (Макошин).

Визначивши за такими-ж формулами залежність між рівнями: 1) р. Березини (Бобруйськ), 2) р. Сожу (Гомель), 3) Горішн. Дніпра (Рогачів) і 4) Горішн. Дніпра (Львів), по останній змінній можна звязати рівні р.р. Березини й Сожу з рівнем р. Дніпра коло Київa, тоб-то з формулою для випадку першого,—одержавши в наслідку звязок між усіма 6-ма змінними.

Загальна формула до відшукування звязку між змінними, або рівняння регресії, має вид:

$$X_1 - h_1 = -\frac{R_{12}}{R_{11}} \frac{\sigma_1}{\sigma_2} (x_2 - h_2) - \frac{R_{13}}{R_{11}} \frac{\sigma_1}{\sigma_3} (x_3 - h_3) - \dots - \frac{R_{1n}}{R_{11}} \frac{\sigma_1}{\sigma_n} (x_n - h_n), \text{ де:}$$

X_1 — імовірне середнє значіння всіх x_1 , при даних значіннях x_2, x_3, \dots, x_n — при чому всі ці значіння зміряється величинами одхилень од відповідних середніх арифметичних для всієї сукупности;

$h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ — середні арифметичні для взятих значінь відповідних величин;

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \dots, \sigma_n$ — середні одхилення²⁾ спостережень,—при чому:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{N}}, \text{ де } N \text{—число розглядуваних випадків, } R_{ij} \text{—мі-}$$

¹⁾ Див. Е. Слуцкий. *op. cit.* Також статтю Тихомірова, т. II, вип. 3. Геофиз. Сборника Никол. Главной Физич. Обсерватории Петр., 1915.

²⁾ Тут уживається термінологія за Е. Слуцьким.

нори i j елемента симетричного детермінанту, складеного з усіх часткових ¹⁾ коефіцієнтів кореляції r_{ij} з одиницями на діагоналі, тоб-то що має такий вид:

$$R = \begin{vmatrix} 1, & r_{12}, & r_{13}, & \dots & r_{1n} \\ r_{21}, & 1, & r_{23}, & \dots & r_{2n} \\ r_{31}, & r_{32}, & 1, & \dots & r_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1}, & r_{n2}, & r_{n3}, & \dots & 1 \end{vmatrix} \quad \text{де } r_{12}, r_{13}, \dots, r_{1n} = \text{часткові коеф. кореляції.}$$

Звідси легко добути для випадку 4-х змінних —

Рівняння регресії:

$$X_1 - h_1 = -\frac{R_{12} \sigma_1}{R_{11} \sigma_2} (x_2 - h_2) - \frac{R_{13} \sigma_1}{R_{11} \sigma_3} (x_3 - h_3) - \frac{R_{14} \sigma_1}{R_{11} \sigma_4} (x_4 - h_4), \text{ де}$$

$$R_{11} = 1 - r_{23}^2 - r_{24}^2 - r_{34}^2 + 2r_{23} \cdot r_{24} \cdot r_{34}$$

$$R_{12} = -[r_{12} (1 - r_{34}^2) - r_{13} \cdot r_{23} - r_{14} \cdot r_{24} + r_{34} (r_{13} \cdot r_{24} + r_{14} \cdot r_{23})]$$

$$R_{13} = -[r_{13} (1 - r_{24}^2) - r_{12} \cdot r_{32} - r_{14} \cdot r_{34} + r_{24} (r_{12} \cdot r_{34} + r_{14} \cdot r_{32})]$$

$$R_{14} = -[r_{14} (1 - r_{23}^2) - r_{12} \cdot r_{42} - r_{13} \cdot r_{43} + r_{23} (r_{12} \cdot r_{43} + r_{13} \cdot r_{42})]$$

Імовірна помилка, що дає межі, в яких повинна лежати половина одхилень, дорівнює ²⁾:

$$E_1(234) = 0,674494 \sigma_1 \sqrt{\frac{R}{R_{11}}}$$

при чому

$$R = R_{11} + R_{12} \cdot r_{12} + R_{13} \cdot r_{13} + R_{14} \cdot r_{14}.$$

Таким чином, відшукування залежності між чотирма змінними зводиться до обчислення часткових коефіцієнтів кореляції: $r_{12}, r_{13}, r_{14}, r_{23}, r_{24}$ та r_{34} й середніх одхилень $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ й σ_4 . Часткові коефіцієнти кореляції знаходиться за формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum x_i^2 \sum y_i^2}}, \text{ де } \begin{cases} x_i = x - h_x \\ y_i = y - h_y, \end{cases}$$

тоб-то одхиленням від їхніх середніх арифметичних.

III. Основні дані до встановлення відшукуваного зв'язку.

Систематичні спостереження на більшості Дніпровських водомірних постів провадиться з 1877 р. і тільки на небагатьох з 1876 р. Є також пости, що їх відкрито значно пізніш: 1887, 1890 й 1894 р.р. По суті методу кореляції до визначення відшукуваного зв'язку бажано було-б узяти пости з спостереженнями за значно більший період, — і до того за одні й ті самі роки. Останнє положення диктується також і можливістю простішої порівнюваності результатів. У друку є повні дані спостережень тільки за період 1881—1910 р.р.³⁾ Неопубліковані

¹⁾ Назва ця не має того значіння, що у Слуцького.

²⁾ Див. Слуцький, *op. cit.* ст. 169.

³⁾ „Сведения об уровне воды на внутренних водных путях России“. Бассейн Черного моря. т. I, III і X.

дані спостережень за десятиріччя 1911—1920 р.р., в зв'язку з подіями цього десятиріччя,—є в повному виді, на жаль, далеко не по всіх постах¹⁾. Через це для всіх дальших висновків було взято дані, що відносяться до періоду 1881—1910 р.р. До вибору на допливах Дніпра водомірних постів, рівні яких належало зв'язати з Києвом, рік заснування поста правив за одну з причин придатності цього пункту до дальшої обробки.



Щоби вплив даного допливу на рівень р. Дніпра коло Києва справді брався до обліку узятим водомірним постом, для того покази останнього повинні в самій суті бути характерні для режиму даної річки. З другого боку, міркування бажаності найбільшого терміну можливих завбачань, що безпосереднє залежить од міри віддалення узятого водомірного посту від устя допливу і, тим самим, од Києва—вимагає, щоби взятий пост був не дуже близько од Києва. Через це, середнє положення водомірного посту в відношенні до всього басейну його річки, або, навіть, ближче до устя, а-ніж до верхів,—при умові відсутності між ним та устям значних допливів — відповідає поставленій вище умові.

На підставі цих міркувань за вихідні водомірні пости було обрано (див. додану схему-карту): на р. Прип'яті м. Мозир, за 176 вер. від устя, по р. Десні—с. Макошин, за 316 вер. від устя, на Горіш. Дніпрі—Лохів—244 вер. од Києва. Далі, на р. Березині—Бобринськ за 154 в. од устя, на р. Сожі—Гомель (заліз. міст)—за 92 вер. од устя. По р. Прип'яті взяти дальший пункт не було можливості, бо слідуючий водомірний пост—с. Дорошевичі—характеризується в друкованих „відомостях про рівень“, як ненадійний за період 1881—1890 р.р., а ще дальший за Дорошевичами пост—Корч. Нирчі (380 вер. від устя)—лежить уже за межами С.Р.С.Р. По р. Десні Чернігівський пост (192 вер. від устя) заснований тільки в 1884 р., дальші за Макошиним—Рай Городок (413 в.), Новгород Сіверський (508 в.),—засновані ще пізніш, у 1894 р.

Щоби по взятих пунктах обрати зв'язувані рівні, треба знати дати, до яких слід відносити ці рівні, тоб-то очевидно треба знати

¹⁾ Так, напр., не було можливості знайти дані за період 1911—1916 р.р. по Мозирю, за період 1917 й пізніш—по Макошину, за період 1910—1920 по Бобринську

скорості руху води від кожного з узятих пунктів, що лежать вище од Київів, — до Київів.

Даних відносно середніх скоростів ходу водопільної води по р. Дніпру в літературі, оскільки нам відомо, немає¹⁾. По скоростях, що відомі з окремих мірянь витрат у різних пунктах Дніпра та його допливів, — про середні скорості для всіх участків міркувати годі, бо їх не можна вважати за характерні для всіх проміжних пунктів. Через це, скорості весняних вод було визначено для кожного участку по середньому часу ходу гребенів весняних водопілля між окремими водомірними постами. При цьому, одержані середні скорості довелося екстраполювати на участки, що не ввійшли в проміжки, охоплені тими водомірними постами, по яких ці середні скорості було одержано. Так, напр., для Мозиря середню скорість проходу високих вод до Київів було визначено по участкові Мозир (176 вер. од устя Прип'яті) — Чорнобиль (28 вер. од устя Прип'яті) та Лоїв (1134 вер. од устя Дніпра) — Київ (890 вер. теж).

Звичайно, дата наступу гребеня водопілля в пункті, що лежить нижче од вихідного пункту (при відсутності на цій участкові допливів), залежить не тільки від скорості пересування води по цій участку річки. Різниця в інтенсивності „місцевого“ збігу, що залежить перш за все од топографічних і геоботанічних умов, при однаковій температурі на розглядуваній частині басейну — може дати іноді й для близьких пунктів значні амплітуди коливань послідовних дат наступу часу проходу гребенів весняних водопілля.

Так, для Прип'яті, для пунктів Мозир — устя р. Славечни, при віддалі між ними в яких 35 вер., терміни між датами послідовних наступів гребенів весняного водопілля коливаються в межах від —2 до +5 день, за даними десятиріччя 1900—1910 р.р.

Це буде ще зрозуміліше, коли взяти на увагу, що перед наступом гребеня водопілля вода прибуває іноді дуже поволі й гребінь зтаста різниться від попереднього тільки на 1—2 сотки сажня.

Однак, коли виключити з цих термінів виразно аномальні, середнє з решти їх повинно дати середню дійсну цифру. Таким чином для р. Прип'яті, від Мозиря до устя, одержано цифру середньої скорості руху весняної води в 35 вер./доба, за даними періоду 1880—1910 р. р., при амплітуді рівнів од 247 до 28 сот. саж. і при амплітуді часу проходу гребенем весняної води віддалення від Мозиря до Чорнобиля (148 вер.) від +17 до —5 днів. Так само для участків Лоїв — Навіз одержано середню скорість у 38 вер./доба, для Домонтова — Глібовки — 40 вер./доба, для Моравськ — Чернігів — 42 вер./доба і т. д.

В остаточному підсумкові результуючі середні скорості руху весняної води одержано такі: (див. табл. на ст. 10).

У цій таблиці наведено: серед. скорість у вер./добах, число днів проходу весняною водою розглядуваного участку, віддалення різних пунктів до Київів й до устя та середню скорість ходу весняної води показано в саж./сек.

Звичайно, малося на увазі, що при різних рівнях весняних вод скорості їх ходу також будуть різні. Але, оскільки мова йде про встановлення середньої залежності, цей факт на наслідках відбитися не повинен.

¹⁾ М. Максимович дає в його „Днепр и его бассейн“ Київ, 1901, стор. 144, для горішніх допливів Дніпра приблизну середню скорість водопілля у 50—60 вер./доб.

Назва участку.	Серед. скор. вер./доба.	Число днів хо- ду весн. вод.	Віддалення:			Серед. скор. в саж./сек.
			До Київа.	До устя.	Од устя до Київа.	
Київ—Мозир	39,6	7	273	176	97	0,23
Київ—Львів	48,6	5	244	—	—	0,28
Київ—Макошин	50,5	6 $\frac{1}{2}$	329	316	13	0,29
Київ—Гомель	48	7	336	92	244	0,28
Київ—Вобруйськ	51,4	10	514	154	360	0,30
Київ—Рогачів	52	9	469	—	—	0,30
Київ—Чернігів	45,5	4 $\frac{1}{2}$	205	192	13	0,26
Київ—Новгор.-Сівер.	52,1	10	521	508	13	0,30
Київ—Могилів	52	12	643	—	—	0,30

Це буде зрозуміло, коли взяти на увагу, що багаторічні одхилення од відповідності порівнюваних рівнів у багато разів переважають одхилення, спричинені розбігом дійсних термінів ходу води з узятими.

Пристосовуючи виведені залежності до цілів завбачань, цей фактор, однак, треба відповідно взяти до обліку.

Знайдені зазначеним вище способом, середні скорості ходу весняної води дали терміни відповідності для рівнів найвищих вод. Для середніх і для низьких вод ці терміни було збільшено на 1 день по кожному з пунктів, і одержані дати було взято за середні для середніх і низьких вод.

IV. Встановлення відшукуваного зв'язку для найвищих, середніх і низьких вод.

Таким чином, згідно з попереднім, значіння рівнів, що заводяться до обробки для встановлення зв'язку, повинні були визначитися значінням вихідних рівнів по Києву.

Для випадку найвищих вод за вихідні рівні по Києву було взято одмітки гребенів весняних водопіллів по рейці кол. Миколаївського ланцюгового мосту (рахуючи від старого нуля¹⁾). Рівні вищих пунктів, що відповідають їм, визначені по датах узятих середніх термінів ходу весняної води, повинні були охопити як випадки підйому, як і спаду допливів Дніпра вище од м. Києва й Гориньного Дніпра, що, видимо, полегшує завдання відшукування середньої залежності.

Для середніх вод за вихідні рівні було взято рівні коло м. Києва, що мали місце через 30 і 50 день (у випадку дуже високих весняних вод), в середньому через 40 день після проходу гребеня весняного водопілля. Вже говорилося вище, що багаторічні одхилення од відповідності значно переважають ті одхилення, що мають місце в однім році. При однаковій імовірності (при більшому числі років), як позитивних, так і негативних багаторічних одхилень від дійсного, середнього, попередня увага дає підставу гадати, що й зв'язок середніх вод зазначеним способом може бути знайдений вірно.

¹⁾ Нуль рейки колишнього Ланцюгового мосту коло Києва, як відомо, 1908 р. був знижений на 1 саж.

У дальших обчисленнях усі рівні взято від старих нулів водомір. постів, згідно з друкованими „Сведениями об уровне воды на внутренних водных путях России“. Бас. Черного моря. Т. I, III і X.

Нарешті, для низьких вод за вихідні рівні було взято по Київу найнижчі й найпостійніші рівні.

Отже, схему обробки можна передати таким чином: коли означимо взяті пункти їх початковими літерами, а терміни, які треба одлічити від дат вихідних київських рівнів до одержання відповідних рівнів по цих пунктах,—означимо цифрами коло назов пунктів із знаком мінус:

Для випадків високих вод:

$$1) K = \text{Моз.}_{-7} + \text{Лоїв}_{-5} + \text{Мак.}^1_{-7} \quad (\text{I}).$$

$$2) \text{Лоїв}_{-5} = \text{Гом.}_{-7} + \text{Бобр.}_{-10} + \text{Рог.}_{-9} \quad (\text{II}).$$

$$3) K = \text{Моз.}_{-7} + \text{Гом.}_{-7} + \text{Бобр.}_{-10} + \text{Рог.}_{-9} + \text{Мак.}^1_{-7} \quad (\text{III}).$$

Для випадків середніх вод:

$$1) K = \text{Моз.}_{-8} + \text{Лоїв}_{-6} + \text{Мак.}_{-8} \quad (\text{IV}) \text{ (або } + \text{Черн.}_{-5}).$$

$$2) \text{Лоїв}_{-6} = \text{Гом.}_{-9} + \text{Бобр.}_{-12} + \text{Рог.}_{-11} \quad (\text{V}).$$

$$3) K = \text{Моз.}_{-8} + \text{Гом.}_{-9} + \text{Бобр.}_{-12} + \text{Рог.}_{-11} + \text{Мак.}_{-8} \text{ (Черн.}_{-5}) \quad (\text{VI}).$$

Для випадків низьких вод:

$$1) K = \text{Моз.}_{-8} + \text{Лоїв}_{-6} + \text{Черн.}_{-6} \quad (\text{VII}).$$

$$2) \text{Лоїв}_{-6} = \text{Гом.}_{-9} + \text{Бобр.}_{-12} + \text{Рог.}_{-11} \quad (\text{VIII}).$$

$$3) K = \text{Моз.}_{-8} + \text{Гом.}_{-9} + \text{Бобр.}_{-12} + \text{Рог.}_{-11} + \text{Черн.}_{-6} \quad (\text{IX}).$$

У випадку середніх вод по р. Десні паралельно з Макошиним узято й м. Чернігів; у випадку низьких вод по Десні замість Макошина тільки Чернігів.

Цю зміну первісного вибору було викликано тим, що для Києва—Макошина, у випадку низьких вод, коефіцієнт кореляції дорівнював тільки 0,551, інші-ж часткові коефіцієнти кореляції були ще нижчі: $r_{21} = 0,224$, $r_{31} = 0,364$.

Величина коефіцієнту кореляції в 0,551 свідчить про те, що зв'язок між рівнями Києва й Макошина, у випадку низьких вод, знаходиться тільки на границі ймовірності. При такому положенні не можна було сподіватися, що знайдене рівняння виявить зв'язок, який мав місце в дійсності. Через це, замість Макошина взято було Чернігів, що дав коефіцієнт кореляції $r_{14} = 0,745 > 0,551$. Коефіцієнт кореляції Київ—Чернігів для середніх вод дорівнює 0,905, що є значно вищий од Макошинського 0,839. Отже й тут Чернігів дає більше відповідності до київських рівнів. Тут наведено, для випадку середніх вод, лише рівняння, які одержано для Макошина.

Тільки в випадку найвищих вод коефіцієнти кореляції Макошина й Києва $= r'_{14}$ та Чернігова й Києва $= r''_{14}$ були примірно однакові:

$$r'_{14} = 0,880$$

$$r''_{14} = 0,872$$

Одержані за наведеними вище схемами ряди чисел було оброблено методом кореляції, за формулами, що їх наведено вище.

Основні елементи обчислень¹⁾ подано в таблицях I, II і III для випадку Київ—Прип'ять, Гор. Дніпро, Десна (схема I, IV й VII) і в таблицях V, VI, VII—для випадку Лоїв—Сож, Березина, Горіш. Дніпро (схема II, V, VIII), при чому значки при ε , h та r узяті на підставі означення—

¹⁾ Хоч для Макошина взято терміна в 7 днів, дослідження рівняння, яке дала обробка випадків найвищих вод, — з'ясувало, що для Макошина термін у 6 днів дає кращі результати, ніж 7 днів; справді, різниця ця не дуже велика.

¹⁾ Означення в таблицях узяті за Б. Слудьким, див. питовану раніш його роботу.

x y z u u'
 Київ—1, Мозир—2, Лоїв—3, Макошин—4, Чернігів—5,

x_1 y_1 u_1
 Лоїв—1, Гомель—2, Бобруйськ—3, Рогачів—4.

Коли означимо рівні коло цих пунктів, за порядком попереднього їх переліку через x, y, z, u та u' для першого випадку й через x_1, y_1, z_1 та u_1 —для другого випадку, остаточні рівняння матимуть такий вигляд, як у табл. IV—для випадку першого, тоб-то для Києва, і як у табл. VIII—для випадку другого, тоб-то для Лоева.

Для цих таки таблиць—IV й VIII—дано відповідні до рівнянь імовірні помилки E_1 (2, 3, 4). Відповідність знайдених рівнянь до вихідних чисел характеризується числами, що їх наведено в табл. IX для першого випадку й у табл. X—для другого випадку, де зазначено число різних помилок, що характеризують цю відповідність. Дані цих таблиць доводять, що схожість була добра. До такого висновку неминуче треба прийти, коли мати на увазі, що:

1) вихідні дані мають у собі багаторічні коливання рівнів, що залежать від багаторічних змін поперечних і продовжних профілів річок і навіть їх розпологу в плані,

2) вихідні дані взято, як середні наближення до істини в розумінні термінів просування води відповідних рівнів, обліку впливу підйому й спадання і т. инш.

Таблиця I.
Мені оброблених чисел.

Випадки.	По Києву		По Мозирі		По Лоеву		По Макошину		Прим.
	від	до	від	до	від	до	від	до	
1. Найвищі води	237	73	247	28	330	131	258	124	
2. Середні води	126	— 40	118	— 3	178	18	188	— 36	
3. Низькі води	— 33	— 102	+ 16	— 52	+ 35	— 18	+ 24	— 32	1)

Таблиця II.
Основні елементи обчислення.

Випадки.	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4	R_{11}	R_{12}	R_{13}	R_{14}
1. Найвищі води . .	47,2	56,7	50,2	38,9	0,256	— 0,068	— 0,122	— 0,090
2. Середні води . .	43,9	29,93	49,9	61,9	0,241	— 0,111	— 0,079	— 0,073
3. Низькі води . . .	17,7	17,7	14,75	15,25	0,196	— 0,129	+ 0,053	— 0,129

Таблиця III.
Елементи обчислення.

Випадки.	Серед. аритмет.				Коефіцієнти кореляції.						Прим.
	h_1	h_2	h_3	h_4	r_{12}	r_{13}	r_{14}	r_{23}	r_{24}	r_{34}	
1. Найвищі води.	149	127	220	195	0,815	0,913	0,880	0,638	0,649	0,705	
2. Середні води .	44	52	94	75	0,866	0,883	0,839	0,661	0,566	0,752	
3. Низькі води . .	— 74	— 25	+ 1	— 6	0,825	0,657	0,747	0,540	0,467	0,850	
							r_{15}		r_{25}	r_{35}	Для низьких вод.

1) Для низьких вод, замість Макошина, взято Чернігів.

Таблиця IV.

Рівняння.

Випадки.	Р і в н а н н я.	E ₁ (2, 3, 4).
1. Найвищі води	$x = 0,221 y + 0,366 z + 0,456 u - 48$ (1)	6,69
2. Середні води.	$x = 0,675 y + 0,288 z + 0,215 u - 34,3$ (2)	7,09
3. Низькі води.	$x = 0,658 y - 0,327 z + 0,760 u - 52,7$ (3)	4,55

Таблиця V.

Межі оброблених чисел.

Випадки.	По Ловву		По Гомелю		По Боб- руйську		По Рога- чеву		Прим.
	від	до	від	до	від	до	від	до	
1. Найвищі води.	319	131	283	106	172	40	106	48	
2. Середні води	178	18	144	4	76	12	103	-40	
3. Низькі води.	+35	-18	+38	-58	+26	-5	-25	-67	

Таблиця VI.

Основні елементи обчислення.

Випадки	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4	R_{11}	R_{12}	R_{13}	R_{14}
1. Найвищі води . . .	50,2	47,8	26,44	15,33	0,232	-0,125	-0,085	-0,038
2. Середні " . . .	49	35	22	45,1	0,229	-0,035	-0,049	-0,175
2. Низькі " . . .	14,21	20,57	8,66	10,11	0,294	+0,022	-0,063	-0,256

Таблиця VII.

Елементи обчислення.

Випадки	Середн. арифметич.				Коефіцієнти кореляції.					
	h_1	h_2	h_3	h_4	r_{12}	r_{13}	r_{14}	r_{23}	r_{24}	r_{34}
1. Найвищі води . . .	220	185	111	82	0,928	0,837	0,787	0,682	0,752	0,554
2. Середні " . . .	93	60	42	30	0,792	0,761	0,960	0,520	0,762	0,675
3. Низькі " . . .	0	-3	+5	-51	0,595	0,657	0,924	0,175	0,732	0,523

Таблиця VIII.

Випадки	Р і в н а н н я	E ₁ (2, 3, 4)
1. Найвищі води . . .	$x_1 = 0,566 y_1 + 0,696 z_1 + 0,536 u_1 - 6$ (4)	8,77
2. Середні " . . .	$x_1 = 0,214 y_1 + 0,476 z_1 + 0,830 u_1 + 35$ (5)	6,32
3. Низькі " . . .	$x_1 = -0,052 y_1 + 0,351 z_1 + 1,217 u_1 + 60,25$ (6)	3,04

¹⁾ Це рівняння, на підставі кореляційної залежності між Ловвом та Чернігвом, можна привести ще до такого вигляду: $x = 0,658 y + 0,171 z + 0,246 u - 56$. (3'). Рівняння (3) дає майже такі помилки, як і рівняння (3'). Коефіцієнт 0,327 при z в рівнянні (3) має негативне значіння через те, що R_{13} (див. табл. II) має знак +, замість —.

Таблиця IX.

Відповідність знайдених рівнянь до вихідних чисел.

№№	Помилки е в межах (в сот. саж.)	В и п а д к и					
		Найвищі води		Середні води		Низькі води	
		Число	‰	Число	‰	Число	‰
1	$e < 5$	18	60	15	50	17	63
2	$e < 10$	23	76,6	22	73,2	24	89
3	$e < 15$	29	96,8	27	90	3	11
4	$15 < e < 20$	1	3,2	—	—	—	—
5	$20 < e < 30$	—	—	3	10	—	—

Таблиця X.

Відповідність знайдених рівнянь до вихідних чисел.

№№	Помилки е в межах (в сот. саж.)	В и п а д к и					
		Найвищі води		Середні води		Низькі води	
		Число	‰	Число	‰	Число	‰
1	$e < 5$	14	47	18	60	22	81,5
2	$e < 10$	23	77	24	80	27	100
3	$e < 15$	26	86,8	27	90	—	—
4	$15 < e < 20$	1	3,2	1	3,2	—	—
5	$20 < e < 30$	3	10	2	6,8	—	—

Таблиця XI.

Відповідність рівняння (7) до вихідних чисел.

№№	Помилки е в межах (в сот. саж.)	Число	‰
1	$e < 5$	16	53
2	$e < 10$	21	70
3	$e < 15$	27	96
4	$15 < e < 21$	3	10
5	$20 < e < 30$	0	0

Основні таблиці відповідності виведених рівнянь до вихідних чисел—наведено нижче—див. табл. XIII—XIX. У таблицях XIII і XIX подано рівнобіжно помилки, які маємо, коли беремо для Макошина—(у випадку найвищ. вод)—термін у 6 і в 7 день. Як видно з цих таблиць, термін у 6 днів дав трохи кращі наслідки, а-ніж термін у 7 день.

У таблицях IX та XI наведено наслідки для терміну по Макошину в 6 день.

За рівняннями 1 і 4, 2 і 5, 3 і 6, було знайдено рівняння, що зв'язують рівні Дніпра коло Києва з рівнями Прип'яті (Мозир), Сожу (Гомель), Березини (Бобруйськ), Горішнього Дніпра (Рогачів) і Десни (Макошин та Чернігів).

Підставивши до рівняння (1):

$$x = 0,221y + 0,366z + 0,456u - 48$$

замість z його значіння, що дорівнює x_1 з рівняння (4):

$$x = 0,566y_1 + 0,696z_1 + 0,536u_1 - 6,$$

одержимо:

$$x = 0,221y + 0,366(0,566y_1 + 0,696z_1 + 0,536u_1 - 6) - 48,$$

звідки:

$$x = 0,221y + 0,207y_1 + 0,255z_1 + 0,196u_1 + 0,456u - 50 \dots (7)$$

Збіжність цього рівняння з вихідними числами подано в табл. XI, тоб-то наслідки одержано задовольняючі.

Так само одержано для випадку середніх вод:

$$x = 0,675 y + 0,0615 y_1 + 0,137 z_1 + 0,239 u_1 + 0,215 u - 24 \dots (8)$$

та для випадку низьких вод:

$$x = 0,658 y + 0,017 y_1 - 0,115 z_1 - 0,398 u_1 + 0,760 u - 72,4 \dots (9)$$

У рівнянні (9) через u^1 (з значком угорі) означено рівні р. Десни коло м. Чернігова ¹⁾.

V. Оцінка здобутих рівнянь.

Усі здобуті рівняння довели гарну збіжність з вихідними числами. Щоби з'ясувати відповідність їх до всіх взагалі співвідношень рівнів, по-за окремими, узятими до обчислень, моментами,—було детально перевірено перші з виведених рівнянь: рівняння (1) й (7), а далі, на однім році, рівняння (1) й (2).

До перевірки рівнянь (1) й (7) було взято три роки з останнього десятиріччя, що ввійшло до обробленого періоду: 1901 р., як такий, що дав мале відхилення для вихідних цифер,—далі 1908 р., як рік з найвищою водою (з узятго періоду) і, до того, такий, що дав для вихідних цифер максимум негативного відхилення (—15 і—25 сот. саж.) і, нарешті, 1910 р., як рік, що дав максимум позитивного відхилення (+19 і+21 сот. саж.).

По всіх цих роках було взято рівні р. Дніпра коло м. Київ а і рівні допливів (коло відповідних горішніх пунктів),—починаючи від пори проходу криги, — до середини або кінця травня, через кожен день. В наслідку одержано 53 випадки. Коли прикладено було рівняння до цих випадків, виявилось, що первісні помилки рівнянь (з вихідними числами) ввійшли, як систематичні, з їх знаками, до кожного з узятих років; так, напр., для рівняння (1) серед. помилка ²⁾ для окремих днів вилася в —15 сот. саж.; для рівняння (7) — в 21 сот. саж. ³⁾ Рік 1901 систематичної великої помилки не дав, відповідно до малої помилки рівняння (1) і (7) для вихідних випадків по цім році. Після того, як було заведено поправки на ці систематичні помилки в р.р. 1908 й 1910,—одержано наслідки, що їх наведено в графах 1 і 2 таблиці XII.

¹⁾ Підраховування провадилося по логаритмічній лінійці.

²⁾ У 1908 р.

³⁾ У 1910 р.

До перевірки рівнянь (1) й (2) було взято рівні 1906 р. за місяці — з половини III до половини XI, крім вересня, коли рівні по Київу були нижчі як —35 сот. саж.,—тоб-то за період часу, що є вільний од льоду. З кожного місяця було взято числа: 10 і 11, 20 і 21 та 29 і 30—для Києва та відповідні числа для горішніх пунктів. Перевірочну таблицю наведено в кінці (див. табл. XX), а наслідки перевірки—в графі з табл. XII.

Таблиця XII.

№№	Межі помилок е в сот. саж.	Ч и с л о п о м и л о к						Примітки
		По фор. (1) (5 д.)		По фор. (7) (7 д.)		По фор. (1) і (2)		
		Число	%	Число	%	Число	%	
1	$e < 5$ сот. саж.	42	79	33	62	29	76,2	Помилки > 5 сот. саж. відносяться, здебільшого, до періодів високих вод.
2	$e < 10$ " "	50	94,4	48	90,5	36	94,6	
3	$e < 15$ " "	53	100	51	96,2	38	100	
4	$15 < e < 20$ " "	—	—	—	—	—	—	
5	$20 < e < 25$ " "	—	—	2	3,8	—	—	

З таблиці XII видно, що перевірені рівняння виявляють справді існуючий зв'язок. Це дало підставу, не переводячи дальшої перевірки,—уважати за близьку до дійсності й решту рівнянь, на підставі тільки досить великих значень коефіцієнтів кореляцій, одержаних тоді, коли виводилося ці рівняння.

До визначення стійкості виведених залежностей,—було визначено де-які часткові коефіцієнти кореляції за більше число років, а-ніж узятий тридцятирічний період.

Виявилася, для випадку найвищих вод:

для Києва—Мозиря:

$$r_{12} = 0,815 \quad \text{при } N = 30$$

$$\text{і } r_{12} = 0,824 \quad \text{„ } N = 38,$$

для Києва—Льова:

$$r_{13} = 0,913 \quad \text{при } N = 30$$

$$\text{і } r_{13} = 0,916 \quad \text{„ } N = 46,$$

де N = число років, що ввійшли до оброблення. Тоб-то збільшення періоду обробки не змінило помітно коефіцієнтів кореляції.

Можна гадати через це, що виведені на підставі 30-річних даних залежності можна екстраполювати й на випадки, що не ввійшли до обробленого періоду, як залежності досить стійкі.

VI. Пристосування знайдених рівнянь до цілів завбачання рівнів.

Перевірка, наслідки якої наведено в табл. XII, зазначила можливість систематичних помилок, різних величиною й знаком для різних періодів, але менше-більше незмінних на протязі одного й того самого періоду (див. табл. XX).

Неминучість такого роду помилок, що являють собою, видимо, наслідки мінливості де-яких факторів, які визначають рівні в річках,—вже зазначалося раніш.

Уважне вивчення таблиць XIII—XX і загальний вид виведених рівнянь—дають підставу гадати про можливість ще іншого роду помилок. Лінійний вид одержаних залежностей припускає пропорційну зміну всіх змінних, що входять до їх складу. Однак, пропорційність ця може іноді порушуватися. Тоб-то може бути, що при одному якому-небудь темпі зміни рівнянь на одних допливах,—зміна рівнянь на інших допливах йтиме зовсім инакше. Така непропорційність може дати помилку, яка визначається з припущення пропорційної зміни рівнів. Так, напр., у табл. XIX 1908 рік дає помилку в 21 сот. саж., певне тому, що в той час, як рівні коло Макошина, Гомеля, Бобруйська й Рогачова близькі до максимумів з можливих,—рівень коло Мозиря (143 сот. саж.) тільки мало що вищий од половини можливого максимуму Прип'яти коло Мозиря (247 сот. саж.). Коли різницю $(247 - 143) = 104$ сот. саж. помножити на коефіцієнт рівняння вищих вод для Мозиря 0,221, ми матимемо:

$$0,221 \times 104 = + 22,98 \text{ сот. саж.}$$

Тоб-то число, що є дуже близьке до одержаної первісно за формулою помилки 21 сот. саж. Те саме можна сказати про 1905 р., коли непропорційно малий рівень дає Рогачів, 1882 р. (Рогачів і Макошин), і т. д. Але року 1901—за який Мозир дає minimum, при середнь-високих рівнях решти допливів,—помилка є невелика; це, очевидно, теж треба однести на карб гри переказуваних факторів.

Однак, для цілїв завбачань, можливі помилки облічити досить легко.

На це потрібно тільки визначити систематичну помилку ближчого періоду по кількох спробних завбачаннях і заводити її в наступні завбачання з зворотним знаком. Щоб гарантувати наслідки завбачань од можливих помилок 2-го порядку,—треба уважно стежити за зміною фактичних помилок завбачань. Їх величина й мінливість можуть стати за основу до дальшого корегування завбачань. Коли відповідно пристосовуватимуться виведені формули і поправки до них,—можна досягти значно точніших наслідків, як ті, що їх наведено в таблиці XII.

З сказаного маємо, що перша й неминуча умова до влучних завбачань—постійний телеграфний зв'язок не тільки з вихідними пунктами, по рівнях яких робиться завбачання,—але й з тими пунктами, для яких робиться завбачання.

Спроба короткотермінових завбачань рівнів Дніпра 1924 р., що її пророблено в Гідро-Мет. п/с Укрмета ¹⁾ за надто несприятливих умов — майже повної відсутності регулярного зв'язку з потрібними водомірними постами ²⁾, все-ж таки дала такі наслідки ³⁾:

Таблиця XII—А.

№ №	Назва пунктів, для яких робилося завбачання	За кіль- ка день	Перебі- гало ви- падків	Величина помилок у сот. саж.				
				0	Від 1 до 2	Від 3 до 4	5	6
1	Київ	6	11	7	4	0	0	0
2	Кремінчук	5	30	2	19	6	2	1
3	Лоцм. Кам'янка	9	13	0	4	5	4	0

¹⁾ Фактичним виконавцем завбачань був інж. В. Назарів.

²⁾ В цей час Гідро-Мет. п/с Укрмета встановлює безпосередній телеграфний зв'язок з потрібними вод постами р. Дніпра та його допливів (5/X 1924 р.).

³⁾ Наслідки завбачань 1923 р. опубліковано проф. Опоковим в т. III „Інформ. Бюл. Укрмета“ 1924 р.

тоб-то для Київa—в 7 випадках з 11—помилка дорівнювала нулю; для Кременчука в 19 випадках з 30—помилка дорівнювала 1-2 сот. саж.; для Лоцм. Кам'янки в 4 випадках—1-2 сот. саж., а в 5 випадках—3-4 сот. саж. з усіх 13-ти випадків. Ні по одному з зазначених пунктів помилка не перевищила 6 сот. саж. (один випадок—для Кременчука). Ці наслідки відносяться до періодів: 1) для Київa—20—22, 24—26 і 27—29/VI та 15—17/VI (не регулярно, через нестачу регулярних даних); 2) для Кременчука—з 22/VI по 22/VI; 3) для Лоцм. Кам'янки—з 17/VI по 29/VI.

Точність наведених наслідків треба вважати за дуже добру¹⁾.

Таким чином, питання про точність можливих завбачань вирішається, навіть без дальших поліпшень методу, ніби-то вдало.

Другий цікавий бік справи про короткотермінові завбачання—це питання про можливі терміни.

Формули, що їх одержав автор для пунктів, які лежать нижче від Київa,—давали можливість завбачати рівні:

Черкасів за 3—4 дні,
Кременчука „ 5—7 день,
Лоцм. Кам'янки „ 8—10 „

Наведені вище залежності для Київa дають можливість завбачати рівні р. Дніпра коло Київa за 5—6 день (форм. 1, 2, 3) й зв 6—8 день (ф-ли 7, 8, 9).

Коли рівні пунктів, що лежать нижче од м. Київa, завбачати по рівнях, визначуваних для Київa навіть тільки за 6 день до їх настання в Київі,—тоді терміни можливих завбачань для нижчих пунктів будуть такі:

для Черкасів до 10 днів
„ Кременчука „ 12 „
„ Лоцм. Кам'янки „ 15 „

Не можна сподіватися помітного зменшення точності від такого подовження терміну: помилка в київському рівні ввійде до завбачуваного рівня нижчого пункту з коефіцієнтом, що є менший за одиницю (крім випадків високих вод),—що виходить з рівнянь, які в'яжуть рівні Київa з рівнями нижчих пунктів. Тоб-то кожна помилка у вихідному київському рівні на 1 сот. саж.—дасть для нижчого пункту тільки коло $\frac{1}{2}$ або $\frac{3}{4}$ сотки саж.

Терміни завбачань для Київa, за де-якими міркуваннями, можна подовжити, без шкоди для точності,—днів до 10-ти.

¹⁾ Після того, як ця стаття була вже написана, одержано такі наслідки завбачань, при умовах телеграфного зв'язку з потрібними водностами р. Дніпра та його допливів.

Назва пунктів, для яких робилося завбачання	Заскільки днів	З а ч а с		Число і % випадків, в яких помилки дорівнювали 0		Абс. серед. помилка у сот. саж.	Крайні межі помилок у сот. саж.
		з — до	Число днів	Число	%		
Київ	6	18/X — 4/XI	15	2	13%	1,2	—2 і +3
Черкаси	3	26/X — 19/XI	25	10	40%	0,6	—2 і +1
Кременчук	5	26/X — 21/XI	27	11	41%	0,7	—2 і +2
Лоцм. Кам'янка	9	26/X — 25/XI	31	13	42%	0,8	—3 і +2

Таблиця XIII.

Найвищі річні — по Київу й відпов. їм річні
коло вищих пунктів.

Роки	Р. Прип'ять (за 7 днів)	Р. Гор. Дніп. (за 5 днів)	Р. Десна-Ма. (за 6 днів)	Київ	Одеса	Річниця Макшани
1899	35	151	157	73	88	+17
1894	41	130	170	89	90	+10
1904	61	186	191	83	89	+6
1910	53	189	151	83	100	+19
1903	118	161	165	100	112	+11
1885	60	170	155	103	105	+3
1882	72	171	131	103	90	-13
1898	110	202	177	112	116	+4
1884	119	162	173	114	116	+2
1892	175	167	174	116	118	+2
1887	94	176	189	118	123	+5
1890	160	149	197	136	131	-2
1901	28	240	195	136	135	-1
1902	92	219	210	144	148	+4
1891	121	219	160	141	132	-12
1906	139	193	200	150	145	-5
1909	166	233	161	152	147	-5
1896	112	250	201	161	160	-1
1893	107	217	227	163	156	-7
1886	205	214	215	164	173	+9
1881	136	242	255	171	186	+15
1897	132	275	221	183	183	0
1905	120	215	238	185	177	-8
1883	188	290	222	198	199	+1
1900	186	298	230	206	206	0
1889	208	278	256	215	219	+4
1888	238	281	242	216	221	+5
1907	203	311	232	229	216	-4
1895	217	270	247	231	218	-3
1908	113	330	256	237	222	-15

Примітка: 1) Вей цифри — сотки сажня.

2) Для Макшани, як основні вихідні річні, було взято річні за термін у 7 днів від дат київських річнів.

Таблиця XIV.

Середні річні — по Київу й відпов. їм річні
коло вищих пунктів.

Роки	Р. Прип'ять (за 8 днів)	Р. Гор. Дніп. (за 6 днів)	Р. Десна-Ма. (за 6 днів)	Київ	Одеса	Річниця
1883	118	171	140	126	124	-2
1895	89	178	178	125	115	-10
1888	102	120	188	113	110	-3
1889	97	141	155	110	106	-4
1900	78	144	147	92	92	0
1881	72	147	110	87	89	7
1886	92	96	88	83	75	-8
1910	62	147	188	69	90	+21
1905	55	118	120	68	63	-5
1902	66	170	50	66	70	+4
1906	67	126	49	54	57	+3
1892	58	106	58	54	55	+1
1901	3	120	121	53	24	-29
1898	47	115	161	53	64	+16
1908	51	130	53	50	48	-2
1882	45	95	37	49	30	-19
1909	66	112	69	42	55	+13
1885	21	91	41	33	17	-16
1890	69	45	57	31	38	+7
1904	26	95	62	20	21	+3
1887	35	48	29	13	10	-4
1893	15	39	52	9	1	-10
1903	41	61	28	6	18	+12
1897	49	38	1	4	9	+5
1907	42	42	29	0	10	+10
1896	20	21	52	-1	1	+2
1894	31	24	-10	-8	8	0
1891	33	18	-32	-23	14	+9
1881	1	28	71	-14	10	+4
1899	9	22	-36	-40	-30	+10

Таблиця XV.

Найнижчі річні — по Київу й відпов. їм річні
коло вищих пунктів.

Роки	Р. Прип'ять (за 8 днів)	Р. Гор. Дніп. (за 6 днів)	Р. Десна-Ма. (за 6 днів)	Київ	Одеса	Річниця
1893	16	15	22	33	-31	1
1894	-1	13	20	46	-47	1
1902	-14	35	30	49	-55	6
1896	-9	22	13	50	-60	10
1906	-24	24	23	57	-63	6
1895	-24	10	8	57	-70	13
1908	-4	15	23	59	-48	11
1893	7	19	3	61	-57	4
1887	-12	13	-13	62	-71	9
1884	-33	-8	-8	68	-83	15
1907	-21	12	18	68	-61	7
1899	11	3	4	72	-69	3
1891	-8	7	-26	74	-81	7
1889	-12	7	4	76	-78	2
1885	-33	-17	6	79	-78	1
1888	-43	-15	2	79	-83	4
1897	-17	11	-13	79	-75	4
1909	-28	15	4	81	-78	3
1886	-46	17	-12	84	-91	7
1890	-36	-12	-16	85	-89	4
1898	-36	9	-13	90	-88	2
1910	-45	9	2	92	-88	4
1905	-48	1	7	92	-94	2
1901	-31	-8	-12	94	-86	8
1900	-39	-15	-18	95	-91	4
1904	-52	1	-6	101	-97	4
1892	-40	-18	-24	102	-97	5

Таблиця ХVІ.

Найвищі рівні — по Лосеву¹⁾ й відпов. рівні
коло вищих пунктів

Роки	Р. Ож.-То- моль (за 1 день)	Р. Вережна- Борунська (за 4 дні)	Р. Гор. Дні- про-Р. Гаєв (за 3 дні)	Лоув		Рівниця
				Сараєвн.	Обчед.	
1894	125	40	79	131	134	+
1904	163	106	72	189	199	+
1910	168	84	75	183	187	+
1903	138	93	56	164	171	+
1885	106	99	79	172	164	+
1882	126	94	55	172	159	-
1898	188	105	69	206	209	+
1884	107	100	48	165	149	-
1892	158	100	76	166	193	+
1887	156	108	83	177	200	+
1890	133	91	60	151	164	+
1901	188	131	90	243	242	+
1902	189	113	84	219	225	+
1891	201	91	102	213	224	+
1906	170	103	67	195	199	+
1909	210	101	85	229	238	+
1896	225	105	100	253	248	+
1893	200	109	75	214	223	+
1886	184	119	77	218	221	+
1881	192	91	81	241	210	-
1897	220	134	100	273	265	-
1905	205	114	76	233	230	-
1883	207	172	104	287	285	-
1900	258	148	104	299	298	-
1889	227	160	94	277	282	+
1888	240	156	93	285	286	+
1907	250	136	99	294	285	+
1895	247	127	91	262	271	+
1908	286	129	106	319	302	-
1899	94	79	82	157	147	-

¹ Відповідні вихідним рівням по Київу.

Примітки: 1. Вел цифри — сотки сажнів. 2. У табл. ХVІ для Лосева взято термін у 6 день від дат київських рівнів, а тому в залежності від дат Києва: Г-1, Б-4, Р-3, згідно з схемою на ст. 11.

Таблиця ХVІІ.

Середні рівні — по Лосеву¹⁾ й відпов. ім рівні
коло вищих пунктів

Роки	Р. Ож.-То- моль (за 3 дні)	Р. Вережна- Борунська (за 6 днів)	Р. Гор. Дні- про-Р. Гаєв (за 3 дні)	Лоув		Рівниця
				Сараєвн.	Обчед.	
1895	125	49	103	178	170	8
1883	73	98	82	171	165	-
1902	144	91	82	170	179	6
1884	30	49	77	147	129	-
1900	96	60	75	144	146	+
1889	100	50	74	141	141	0
1898	69	45	74	130	132	+
1906	61	68	55	126	126	0
1901	102	22	73	120	123	3
1888	105	46	46	120	117	-
1910	90	38	65	120	126	+
1898	92	45	66	119	131	-
1905	70	41	45	118	107	-
1909	92	30	49	112	110	-
1892	70	34	57	106	113	+
1886	75	70	41	96	118	+
1882	38	36	27	95	83	-
1904	48	53	34	95	92	-
1885	18	76	52	91	118	+
1903	50	40	6	62	60	-
1887	44	32	17	48	48	0
1907	35	21	25	42	31	-
1890	40	42	19	45	48	+
1893	28	30	17	39	34	-
1897	10	25	26	38	28	10
1881	30	12	18	28	32	+
1894	27	16	34	21	20	4
1896	42	15	40	21	18	-
1899	12	12	31	21	17	-
1891	4	25	38	18	17	-

Таблиця ХVІІІ.

Найнижчі рівні — по Лосеву¹⁾ й відпов. ім рівні
коло вищих пунктів.

Роки	Р. Ож.-То- моль (за 3 дні)	Р. Вережна- Борунська (за 6 днів)	Р. Гор. Дні- про-Р. Гаєв (за 3 дні)	Лоув		Рівниця
				Сараєвн.	Обчед.	
1902	38	17	-25	35	33	2
1906	7	16	-40	24	18	-
1903	1	26	-46	19	14	-
1908	18	9	-36	15	20	+
1909	3	6	-40	15	13	+
1894	22	18	-41	13	15	+
1907	10	8	-40	12	14	+
1895	13	7	-43	10	10	0
1910	20	5	-48	9	0	9
1899	6	5	-47	3	5	+
1904	4	5	-54	1	7	-
1905	8	0	-49	1	2	0
1883	-43	25	-60	0	1	2
1881	-33	2	-46	-3	6	+
1889	-8	4	-50	-7	1	+
1891	0	9	-53	-7	1	+
1901	-2	5	-55	-8	9	+
1898	9	1	-56	-9	9	-
1897	0	3	-55	-11	11	0
1890	-4	4	-60	-12	11	+
1887	-6	4	-64	-13	18	+
1900	-11	4	-58	-15	12	+
1888	-11	0	-60	-15	13	+
1882	-58	-3	-66	-17	18	-
1885	-40	0	-67	-17	20	-
1886	-13	1	-63	-17	17	-
1892	-13	1	-61	-18	14	+

Таблиця XIX.

Найвищі рівні по Київу й коло п'ятьох вищих пунктів.

Рок	Прип'ять— Моз. (за 7 д.)	Сож—Го- мель (за 7 д.)	Везина— Боб. (за 10 д.)	Гор. Дніпро- Рог. (за 9 д.)	Десна— Мак. (за 6 д.)	Київ Справж.	Київ Обчис.	Ріжниця	Рівнина при Макошині за 7 днів
1899	35	94	78	82	157	73	85	+12	+13
1894	61	125	37	70	170	80	92	+12	+13
1904	41	167	105	72	131	83	86	+3	+7
1910	53	171	84	75	54	83	102	+19	+21
1903	118	147	90	56	65	100	115	+15	+13
1885	60	106	97	79	155	103	96	-7	-7
1882	72	126	90	55	131	103	85	-18	-8
1878	110	188	103	69	147	112	117	+5	+2
1884	119	107	99	48	173	114	112	-2	-8
1892	115	158	100	76	174	116	124	+8	+9
1887	94	156	106	83	189	118	131	+13	+14
1890	160	133	89	60	197	136	136	0	+2
1901	28	195	129	90	195	136	135	-1	-2
1902	92	192	112	81	210	144	151	+7	+7
1891	121	201	92	102	160	144	135	-9	-8
1906	139	174	100	67	200	150	146	-4	-5
1909	166	214	103	85	161	152	147	-5	-9
1896	112	225	104	100	201	161	158	-3	-3
1893	103	200	108	75	227	163	159	-4	-3
1886	205	184	115	77	215	164	171	+10	+10
1881	136	192	93	81	255	171	175	+4	+4
1897	132	220	139	100	221	183	187	-3	-5
1905	120	212	114	76	238	185	173	-12	-13
1883	188	207	177	104	222	198	199	+1	+1
1900	186	258	152	104	230	206	205	-1	-6
1889	208	227	157	94	256	215	218	+3	+4
1888	238	240	150	93	247	216	220	+4	+3
1907	203	260	136	99	232	220	209	-11	-12
1895	247	247	144	91	247	221	223	+2	+3
1908	143	298	106	106	256	237	216	-21	-25

Примітка: 1. Всі цифри—сотки сажня.
2. Для Макошина, як основні вихідні рівні, було взято рівні за термін у 7 день від дат київських рівнів.

Таблиця XX.

Перевірка рівнянь (1) і (2).

Дати по Київу	Рівні в сот. саж.				Обчис. рі- вень у Київі	Помилка
	Київ.	Мозир.	Львів.	Макош.		
1906 р.						
30—III	145	143	196	202	141	— 4
31	143	143	194	200	139	— 4
10—IV	128	130	188	184	128	0
11	129	127	196	182	130	+ 1
20	118	99	189	176	120	+ 2
21	116	98	188	178	120	+ 4
29	102	82	178	153	105	+ 3
30	100	80	175	149	105	+ 5
10—V	70	69	137	60	68	— 2
11	66	69	132	60	62	— 4
20	28	59	91	15	35	+ 7
21	23	57	82	8	30	+ 7
30	7	56	48	—20	13	+ 6
31	7	55	48	—22	12	+ 5
10—VI	4	46	56	—13	10	+ 6
11	4	46	58	11	11	+ 7
20	— 7	40	59	—13	+ 7	+ 14
21	— 8	39	56	—15	+ 5	+ 13
29	—14	32	34	—23	— 8	+ 6
30	—14	31	34	—20	— 9	+ 5
10—VII	—13	29	42	—38	—11	+ 2
11	—14	30	41	—38	—10	+ 4
20	—21	20	33	—38	—19	+ 2
21	—22	18	33	—38	—21	+ 1
30	—26	8	41	—12	—21	+ 5
31	—25	6	43	—10	—21	+ 4
10—VIII	—31	— 7	48	— 2	—26	+ 5
11	—32	— 8	46	— 1	—27	+ 5
10—X	—30	8	38	—14	—21	+ 9
11	—30	8	39	—13	—21	+ 9
20	—28	4	36	—13	—24	+ 4
21	—28	4	35	—13	—24	+ 4
30—X	—19	4	46	— 9	—20	— 1
31	—17	5	47	— 9	—19	— 2
10—XI	— 2	15	55	2	— 7	— 5
11	0	16	57	4	— 5	— 5
20	14	30	77	20	+10	— 4
21	15	31	80	21	+12	— 3

I. За рівнянням (I): $x = 0,221 y + 0,366 z + 0,456 u - 48$.

За терміни—7—5—7 днів.

II. За рівнянням (II): $x = 0,675 y + 0,288 z + 0,215 u - 34,3$.

За терміни—7—5—7 днів, як для вис. вод.

III. За рівнянням II.

За терміни 8—6—8 днів, як для середніх вод.

Число помилок:

1) $e < 5$ сот. саж. — 29 = 76,20/0.

2) $10 > e > 5$ — 7 = 18,40/0.

3) $15 > e > 10$ — 2 = 5,40/0.

Разом 38 = 100,0/0.

Само собою розуміється, що за наведеними вище рівняннями можна було-б організувати завбачання ще для Лоева й що аналогічно можна було-б зв'язати ще й інші пункти.

Так, для низьких рівнів р. Десни коло м.м. Чернігів і Новгород-Сіверський здобуто коефіцієнт кореляції $r=0,970$ при терміні в 5 днів; звідси виходить, що для Чернігова можливі завбачання низьких рівнів по Новгород-Сіверському за 4—5 днів.

Справа майбутнього—дальше поліпшення й розвиток методу.

Цікаво зазначити, що знайдені в процесі корелятивної обробки залежності й чела,—дають підставу для низки висновків про порівнюваний режим допливів р. Дніпра вище од м. Києва. Але це питання виходить по-за межі цієї роботи.

Київ.

Beziehungen zwischen den Wasserständen des Dniepr bei Kyjiw und der Flüsse Pripjat, Berezina, Ssosh und Desna und deren Anwendung zu kurzfristigen Prognosen der Wasserstände.

Zusammenfassung

Der Verfasser entscheidet die Frage, wie man die Beziehungen zwischen dem Wasserstande eines grösseren Flusses und demselben, der oberhalb einmündeten Zuflüsse finden kann. Hier sind die Wasserstände des Flusses Dniepr bei Kyjiw im Verhältniss zu denselben der Zuflüsse Pripjat, Beresina, Ssosh und Desna und des oberen Dniepr gemeint. Die Stromgebiete dieser Zuflüsse sind wie nach ihrer Grösse so auch nach ihren klimatischen und geologischen Bedingungen u. ebenfalls nach ihrer Vegetationsdecke—ganz verschieden. Andererseits giebt es fast keine Wassermengevermessungen für die Zuflüsse. Deshalb sind, die gewöhnlich in West-Europa u. Amerika angewandten Methoden—in unserem Falle nicht zu gebrauchen. Abweichend von den durch die russischen Autoren *Kleiber* und *Gnussin* gegebenen Methoden, die auf der Ermittlung der „zugehörigen“ Wasserstände begründet waren und deshalb viele ermüdenden Berechnungen erforderten,—schlägt der Verfasser folgendes vor: die gesuchte Beziehung kann durch Bearbeitung der vieljährigen Daten nach der Korrelation-Methode gefunden werden, wobei dieselbe abgesondert für drei hauptsächliche Perioden, die das Leben des Flusses in der eisfreien Zeit charakterisieren, angewandt werden soll. Namentlich, 1) für die Hochwasserperiode—durch Bearbeitung (nach der Korrelation-Methode) der Maximalwasserstände des Hauptflusses und der entsprechenden Wasserstände der Zuflüsse am Datum der mittleren Wasserlaufgeschwindigkeiten zwischen den gewählten Punkten und dem Orte am Hauptflusse; 2) für die Mittelwasserperiode—durch selbige Bearbeitung, indem man als Ausgangswasserstände die Wasserstände des Hauptflusses nimmt, welche einem bestimmten Zeitraum nach den Maximalwasserständen entsprechen; 3) für die Niederwasserperiode—ebenso durch analoge Bearbeitung, indem man die Minimalwasserstände als Ausgangswasserstände nimmt. Nach dieser Methode wurden die Beziehungen zwischen folgenden Punkten gefunden: Kyjiw (Hauptfluss Dniepr) einerseits und: Mozyr (a. Pripjat, Abst. v. Kyjiw 291 klm.), Lojiw (Oberer Dniepr, Abst. v. K. 260 klm.), Makoschin (Desna, Abst. v. K. 351 klm.)—andererseits; (für Niederwasser wurde anstatt Makoschin Tschernigow genommen, Abst. v.

K. 219 klm.) Ebenso: Lojiw und: Gomel (Ssosh, Abst. v. K. 358 klm.), Bobruisk (Beresina, Abst. v. K. 548 klm.) und Rogatschew (Oberer Dniepr, Abst. v. K. 500 klm.).

Die Wassergeschwindigkeit zwischen den Orten an den Zuflüssen—bis Kyjiw wurde nach Verlauf der Maximalwasserstandespitzen, als mittlere für Hochwasserstände, bestimmt. Diese Geschwindigkeiten sind in Tab. auf S. 10 gegeben. Für Mittlere—und Niedrige—Wasserstände sind die ermittelten Zeiträume auf 1 Tag vergrössert.

Die auf beschriebene Weise gefundenen Beziehungen müssen der Wirklichkeit sehr nahe sein, da die vieljährige Veränderlichkeit der Querschnitte und andere natürlichen Bedingungen—die Ursache viel grösserer Schwankungen der Wasserstände ist, als die möglichen Ungenauigkeiten in der Bestimmung der wirklichen Wasserlaufgeschwindigkeiten.

Als Korrektur für die Abschätzung der Ergebnisse der Berechnungen, mag die Grösse der erhaltenen Korrelationskoeffizienten ausgenutzt werden, deren Matimalwerte das beste Entsprechen der Wirklichkeit zeigen. Die gesuchten Beziehungen werden durch eine System folgender linearen Gleichungen ausgedrückt:

$$x = ay + bz + cu + d$$

Diese Beziehung wird als mittlere vieljährige betrachtet. Bei ihrer Anwendung zu einzelnen Jahren, muss man sie individualisieren und ein r gewissen Korrektur unterziehen, welche die Eigentümlichkeiten einer gegebenen Periode enthält.

Die gefundenen Gleichungen für die Stadt Kyjiw und die oberliegenden Punkte: Mozyr, Lojiw u. Makoschin (Tschernigow) sind in Tab. IV angeführt (Gleich. 1, 2 u. 3); für den Fall Lojiw und demselben entsprechende oberhalb liegende Punkte—Gomel, Bobruisk u. Rogatschew—in Tab. VIII (Gleich. 4, 5 u. 6). Das Entsprechen der Gleich. 1, 2 u. 3 den Ausgangszahlen ist in Tab. IX, XIII, XIV u. XV und dasjenige für Gleich. 4, 5 u. 6—in Tab. X, XVI, XVII u. XVIII gezeigt.

Gleichungen 7, 8 u. 9 geben die Beziehung zwischen Kyjiw, Mozyr, Gomel, Bobruisk, Rogatschew und Makoschin (Tschernigow); das Entsprechen den Ausgangszahlen für Gleich. 7 wird durch Tab. XI u. XIX charakterisiert. Die Kontrolle der gefundenen Gleichungen für einige Jahre zeigte, dass es möglich ist, sie für kurzfristige Wasserstandeprognosen mit grossem Erfolg zu benutzen, namentlich für den Termin von 6—10 Tagen für Kyjiw und für 2—3 Tag.—für Lojiw, mit der Genauigkeit bis 10—20 ctm. für Hochwasserstände u. bis 5—10 ctm. für andere Wasserstände, in zirka 90% von allen Fällen. Es soll nur bei Prognosen eine systematische, für einzelne Perioden beständige, Korrektur eingeführt werden. Diese Korrektur kann leicht nach einigen Fällen am Anfange der Periode gefunden werden. Noch ist aber eine andere Fehlerquelle denkbar. Die Ursache derselben besteht in den unproportionellen Veränderungen der Wasserstände der Zuflüsse. Letzten Fehler kann man leicht vermeiden, wenn man aufmerksam nach den Veränderungen der theoretischen und wirklichen Wasserstände schaut. In Tab. XX sind die Resultate einer Probeanwendung der Gleich. 1 u. 2 für das Jahr 1906 (Monate III—XI) gegeben: man sieht, dass die Fehler (letzte Spalte) fast immer dieselben Vorzeichen erhalten und ihre Grösse nur allmählich ändern. Die Praxis der kurzfristigen Wasserstandeprognosen in d. Jahren 1924 u. 1925 zeigte, dass die notwendige Korrektur sehr leicht gefunden wird und dass die Genauigkeit zur Genüge gut ist.

Einige Ergebnisse der Prognosen im J. 1924 sind in Tab. XII A und am Ende d. Seite 18 angeführt.

З М І С Т.

	стор.
I. Загальні основи до встановлення відшукуваного зв'язку	1
II. Хід обчислень	6
III. Основні дані до встановлення відшукуваного зв'язку	7
IV. Встановлення відшукуваного зв'язку для найвищих, середніх і низьких вод	10
V. Оцінка здобутих рівнянь	15
VI. Пристосування знайдених рівнянь до цілів завбачання рівнів	16
Zusammenfassung	22

Окрема відбитка з „Інформаційного Бюлетеня Укрмета“ ч. 10—12 за 1924 р.

12⁰⁰
-

Мі. н.у.в.п.

К-2

УЦНВХ
Музей
№13

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО
ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

МУЗЕЙ ІСТОРІЇ

Інв. № К-2